



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 195 28 746 C 1

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 L 21/316**  
H 01 L 21/3065  
C 23 F 4/00  
C 23 F 1/24  
C 23 C 16/40

⑳ Aktenzeichen: 195 28 746.0-33  
㉑ Anmeldetag: 4. 8. 95  
㉒ Offenlegungstag: —  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 31. 10. 96

DE 195 28 746 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Siemens AG, 80333 München, DE;  
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der  
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦4 Vertreter:

Schoppe, F., Dipl.-Ing.Univ., Pat.-Anw., 82049 Pullach

⑦2 Erfinder:

Graßl, Thomas, 85354 Freising, DE; Engelhardt,  
Manfred, 83620 Feldkirchen-Westerham, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 42 469 A1  
US 44 76 622  
EP 06 31 305 A1

KWOK, K. et.al.: Surface Related Phenomena in  
Integrated PECVD/Ozone-TEOS SACVD Processes  
for Sub-Half Micron Grap Fill: Electrostatic Effects.

In: J.Electrochem.Soc., Vol. 141, No. 8, Aug. 1994,  
pp. 2172-2177;  
HOMMA, Tetsuya et.al.: A Fully Planarized Multi-  
level Interconnection Technology Using Semi-  
Selective Tetraethoxysilane-Ozone Chemical Vapor  
Deposition at Atmospheric Pressure. In: J.  
Electro-chem.Soc., Vol. 140, No. 12, Dec. 1993,  
pp. 3591-3599;  
CHANANA, R.K. et.al.: Electrical Properties of 6,3nm  
RF Oxygen Plasma Oxide Grown near Room Tempe-  
rature with In Situ Dry Cleaning of Si Surface. In:  
Solid-State Electronics, Vol. 38, No. 5, 1995,  
pp. 1075-1080;

⑤4 Verfahren zum Erzeugen einer Siliziumdioxidschicht auf Oberflächenabschnitten einer Struktur

⑤7 Ein Verfahren zum Erzeugen einer Siliziumdioxidschicht auf Oberflächenabschnitten einer Struktur umfaßt folgende Schritte: anisotropes Trockenätzen einer Halbleiteranordnung, um in einer Oberfläche derselben die Struktur mit Seitenwandabschnitten und einem Bodenabschnitt zu erzeugen; Reinigen der Struktur derart, daß Ätزرückstände auf den Seitenwandabschnitten vollständig entfernt werden, während Modifikationen des Bodenabschnitts erhalten bleiben; Abscheiden von Siliziumdioxid mit einem organischen Silizium-Vorstufenmaterial und Ozon bei einem Druck von  $0,2 \cdot 10^5$  bis  $1,0 \cdot 10^5$  Pascal und einer Temperatur von 200°C-400°C auf die Struktur.

DE 195 28 746 C 1

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erzeugen einer Siliziumdioxidschicht auf Oberflächenabschnitten einer Struktur.

In der Halbleitertechnologie haben Abstandsschichten, sogenannte Spacer, große Bedeutung erlangt.

Spacer werden beispielsweise in einer Struktur, z. B. einem Loch oder einem Graben, erzeugt, um eine laterale elektrische Isolation von Löchern, Durchgängen oder Gräben herbeizuführen, sogenannte Keimschichten abzuscheiden oder Diffusionsbarrieren einzubauen.

Als Material für die Erzeugung eines isolierenden Spacers wird typischerweise Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) verwendet.

Anhand der Fig. 1 wird nachfolgend ein herkömmliches Verfahren zur Erzeugung eines  $\text{SiO}_2$ -Spacer beschrieben.

In Fig. 1 ist eine Struktur 100, die hier beispielsweise ein Graben sein kann, vor der Abscheidung des den Spacer bildenden Materials dargestellt. Die Struktur 100 ist bei dem in Fig. 1a gezeigten Beispiel in einer Mehrschichtstruktur gebildet, die aus einer ersten Schicht 102 und aus einer zweiten Schicht 104 besteht.

Die erste Schicht 102 ist typischerweise ein Siliziumsubstrat mit Transistoren (front-end), und die zweite Schicht 104 dient zur Verdrahtung (Metallisierung) der Transistoren (back-end), wobei die zweite Schicht aus  $\text{SiO}_2$  besteht, in das Metallbahnen eingebettet sind.

Nach der Bildung der Struktur 100 wird  $\text{SiO}_2$  abgeschieden, so daß sich eine  $\text{SiO}_2$ -Schicht 106 auf der Oberfläche der Schicht 104, auf den Seitenwänden der Struktur 100 sowie auf dem Boden der Struktur 100 bildet, wie dies in Fig. 1b gezeigt ist.

Zur Fertigstellung des Spacers wird eine anisotrope Plasma-Ätzung durchgeführt, durch die der Boden 108 der Struktur 100 freigelegt wird, wie dies in Fig. 1c zu sehen ist.

Gleichzeitig wird durch die Plasma-Ätzung die  $\text{SiO}_2$ -Schicht 106 oberhalb der Schicht 104 und ein geringer Teil der Schicht 104 entfernt, da die Ätzrate auf der Oberfläche des Wafers größer ist als auf dem Boden der Struktur, wie dies ebenfalls aus Fig. 1c zu entnehmen ist.

Aus der obigen Beschreibung des aus dem Stand der Technik bekannten Verfahrens ist zu ersehen, daß dieses bekannte Verfahren zur Erzeugung eines Spacers in einer Struktur eine aufwendige Schrittfolge umfaßt, das aus den Schritten des Erzeugens der Struktur, des Abscheidens des Materials, aus dem der Spacer herzustellen ist, und aus dem Schritt des Freilegens des Bodens der Struktur durch einen Ätzvorgang besteht, wobei bei heute immer tiefer werdenden Strukturen die unterschiedlichen Ätzraten auf der Oberfläche des Wafers und auf dem Boden der Struktur ein zunehmendes Problem darstellen.

Es wird darauf hingewiesen, daß das oben beschriebene herkömmliche Verfahren aus dem Stand der Technik nicht ausschließlich zum Entfernen einer  $\text{SiO}_2$ -Schicht von einem Boden 108 einer Struktur 100 geeignet ist, sondern daß auf diese Art allgemein  $\text{SiO}_2$ -Schichten von horizontalen Gebieten entfernt werden.

Die EP 06 31 305 A1 offenbart ebenfalls ein relativ aufwendiges Verfahren zur Erzeugung einer Siliziumdioxid-Isolationsstruktur auf den Seitenwänden einer Grabenstruktur in einem SOI-Substrat, bei dem ebenfalls zuerst ganzflächige Abscheidungen erfolgen, wobei dann durch selektives Ätzen waagrechte Abschnitte

freigelegt werden.

Ein Verfahren zur Erzeugung einer Grabenstruktur und zum Bilden einer Siliziumdioxidschicht auf den Seitenwänden derselben ist in dem US-Patent 4,476,622 offenbart. Bei diesem bekannten Verfahren wird auf dem Bodenabschnitt des Grabens Stickstoff implantiert, um beim Aufbringen der Siliziumschicht auf die Seitenwände des Grabens zu verhindern, daß das Siliziumdioxid auf dem Bodenabschnitt aufgewachsen wird. Auch dieses Verfahren umfaßt eine aufwendige Schrittfolge.

In J. Electrochem. Soc., Vol. 141, No. 8, Aug. 1994, The Electrochemical Society, Inc., Seiten 2172 bis 2177, sind  $\text{O}_3$ -TEOS-CVD-Verfahren zur Abscheidung von Siliziumdioxid-Dünnschichten offenbart. Der Artikel beschreibt u. a. die Abhängigkeit der Abscheiderate von einer Plasma-Vorbehandlung des Substrats. In J. Electrochem. Soc., Vol. 140, No. 12, Dec. 1993, The Electrochemical Society, Inc., Seiten 3591 bis 3599, sind Verfahren zur TEOS-Ozon-CVD-Abscheidung von  $\text{SiO}_2$  Filmen zur Planarisierung beschrieben. Darauf basierend wird ein semi-selektiver  $\text{SiO}_2$ -Abscheidungsprozeß vorgeschlagen. Es werden die Abhängigkeit der Abscheiderate von dem Substratmaterial sowie die Auswirkungen einer zusätzlichen Plasma-Vorbehandlung untersucht. In Solid State Electronics, Vol. 38, No. 5, 1995, Seiten 1075 bis 1080, sind Sauerstoff-Plasmaoxid-Aufwachsverfahren mit einer nachfolgenden In-Situ-Trockenreinigung nach dem Oxaufwachsschritt bekannt.

Die DE 41 42 469 A1 offenbart die Verwendung von Ozon-TEOS-Siliziumdioxid-Schichten zur Erzeugung temporärer Siliziumdioxid-Strukturen.

Ausgehend von dem oben beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein vereinfachtes Verfahren zum Erzeugen einer Siliziumdioxidschicht auf Oberflächenabschnitten einer in einer Halbleiteranordnung gebildeten Struktur zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Erzeugen einer Siliziumdioxidschicht auf Oberflächenabschnitten einer Struktur mit folgenden Schritten:

- anisotropes Trockenätzen einer Halbleiteranordnung (200), um in einer Oberfläche derselben die Struktur (202) mit Seitenwandabschnitten (208) und einem Bodenabschnitt (206) zu erzeugen;
- Reinigen der Struktur derart, daß Ätzrückstände auf den Seitenwandabschnitten (208) vollständig entfernt werden, während Modifikationen des Bodenabschnitts erhalten bleiben;
- Abscheiden von Siliziumdioxid mit einem organischen Silizium-Vorstufenmaterial und Ozon bei einem Druck von  $0,2 \cdot 10^5$  bis  $1,0 \cdot 10^5$  Pascal und einer Temperatur von  $200^\circ\text{C}$ – $400^\circ\text{C}$  auf die Struktur (202).

Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß das anisotrope Trockenätzen zur Erzeugung der Struktur dazu führt, daß Beschädigungen, Modifikationen und/oder Kontaminationen bzw. Implantationen vor allem auf dem Boden einer Struktur auftreten. Die zeitliche Dauer eines nachfolgenden Naßätzschritts zur Reinigung aller Oberflächen von Ätzrückständen, typischerweise mittels 1–3%iger Flußsäure (HF), muß so kurz gewählt sein, daß die Seitenwände der Struktur gesäubert sind, aber die Modifikation des Strukturbodens nicht vollständig entfernt wird. Eine ge-

eignete Prozeßführung während der anschließenden konformen Abscheidung der den Spacer bildenden Schicht führt dazu, daß eine Abscheidung auf dem Boden der Struktur unterbleibt, so daß durch den Abscheidungsprozeß lediglich der erwünschte laterale Spacer erzeugt wird. Somit entfällt ein zusätzlicher Ätzschritt, wie er zum Abschluß des oben gewürdigten bekannten Verfahrens erforderlich ist.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erfolgt die naßchemische Reinigung typischerweise mittels einer 1–3%igen Flußsäure (HF).

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung erfolgt das Abscheiden der Siliziumvorstufenmaterialien (Siliziumprekursoren) durch einen  $O_3$ -TEOS-CVD-Prozeß.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

Anhand der beiliegenden Zeichnungen werden nachfolgend bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Darstellung der zur Erzeugung einer Beabstandung notwendigen Schritte gemäß einem Verfahren nach dem Stand der Technik; und

Fig. 2 eine Darstellung der zur Erzeugung der Beabstandung notwendigen Schritte gemäß dem Verfahren der vorliegenden Erfindung.

Anhand der Fig. 2 wird nachfolgend das erfindungsgemäße Verfahren näher beschrieben.

In einem ersten Schritt wird eine anisotrope Trockenätzung einer zu strukturierenden Schicht 200 durchgeführt, um die Struktur 202 zu erzeugen.

Nach diesem ersten Schritt ergibt sich eine Struktur, wie sie in Fig. 2a dargestellt ist.

Die in Fig. 2a dargestellte Struktur 202 beispielsweise in der Form eines Grabens oder eines Lochs schließt Seitenwände 204 und einen Boden 206 ein.

Bei der Schicht 200 handelt es sich beispielsweise um ein Substrat oder einen Wafer.

Es wird darauf hingewiesen, daß die zu strukturierende Schicht 200 nicht aus einer einzelnen Schicht hergestellt sein muß, sondern daß diese auch aus einer Mehrzahl von Schichten gebildet werden kann, wie dies bereits anhand der Fig. 1 beschrieben wurde.

Ferner können bereits fertig prozessierte Wafer verwendet werden.

Die Auswahl der Art der zu strukturierenden Schicht 200 hängt direkt von der vorgesehenen Anwendung ab und unterscheidet sich folglich bei unterschiedlichen Halbleiterherstellungstechnologien.

Bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel wird das anisotrope Trockenätzen durch ein anisotropes Plasma-Ätzen ausgeführt.

Durch das anisotrope Plasma-Ätz-Verfahren, durch das die Struktur 202 hergestellt wird, an deren Seitenwänden 204 der Spacer zu erzeugen ist, treten aufgrund der Anisotropie der Plasma-Ätzprozesse vor allem am Boden 206 der Struktur 202 Beschädigungen, Modifikationen und/oder Kontaminationen bzw. Implantationen auf. Daraus ergibt sich, daß bereits während der Strukturierung der Boden 206 der Struktur 202 gegenüber den Seitenwänden 204 unterschiedlich vorbehandelt ist.

Diese unterschiedliche Vorbehandlung stellt ein erstes wesentliches Merkmal des Verfahrens gemäß der vorliegenden Erfindung dar. Es wird darauf hingewiesen, daß diese unterschiedliche Vorbehandlung auch durch andere anisotrope Trockenätz-Prozesse erfolgen

kann.

Die auftretenden Kontaminationen und Ätzrückstände müssen nach dem Ätz-Prozeß entfernt werden. Dies kann beispielsweise durch einen naßchemischen Reinigungsschritt oder einen isotropen Plasma-Reinigungsschritt erfolgen. Die Modifikationen des Strukturbodens dürfen beim Reinigen nicht vollständig entfernt werden.

In einem nächsten Schritt wird auf der zu strukturierenden Schicht 200 sowie in den Bereichen der Struktur 202 Siliziumdioxid ( $SiO_2$ ) mittels eines organischen Siliziumvorstufenmaterials und Ozon bei einem Druck von  $p = 0,2 \cdot 10^5$  bis  $1 \cdot 10^5$  Pascal (0,2 bis 1 bar) und einer Temperatur von  $200^\circ C$ – $400^\circ C$  abgeschieden. Organische Siliziumvorstufenmaterialien (Siliziumprekursoren) sind in Fachkreisen an sich bekannt und bezeichnen Materialien, die Silizium-Vorstufen bilden.

Dieses Abscheiden von organischen Siliziumvorstufenmaterialien bei den oben angegebenen Prozeßparametern stellt eine geeignete Prozeßführung zur konformen Abscheidung des Spacers dar.

Aufgrund der oben anhand der Fig. 2a beschriebenen Prozeßführung während der Erzeugung der Struktur 202 führt die konforme Abscheidung dazu, daß auf dem Boden 206 der Struktur 202 eine Abscheidung unterbleibt. Somit wird durch die Abscheidung lediglich der Spacer 208 erzeugt, wie dies in Fig. 2b zu sehen ist.

Durch diesen Spacer ist beispielsweise eine laterale elektrische Isolation realisiert.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt die  $SiO_2$ -Abscheidung durch einen sogenannten TEOS-Prozeß mit TEOS (TEOS = Tetra Ethyl Ortho Silikat) als Siliziumvorstufenmaterial.

Wiederum gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird der oben genannte TEOS-Prozeß durch einen  $O_3$ -TEOS-CVD-Prozeß durchgeführt. Die für diesen Prozeß erforderlichen Prozeßparameter lauten wie folgt:

Abstand Wafer-Gasdusche: 5–25 mm

(Eine Vorrichtung zur Durchführung des  $O_3$ -TEOS-CVD-Prozesses ist aus den Fachkreisen an sich bekannt, so daß der oben angeführte Abstand zwischen dem Wafer und der Gasdusche nicht näher erläutert werden muß.)

(Sauerstoff + Ozon)-Fluß: 1000–10.000 sccm (sccm = Kubikzentimeter pro Minute bei Normalbedingungen (Normaldruck, Zimmertemperatur))

(TEOS + Helium)-Fluß: 100–3000 sccm

Ozonanteil im Sauerstoff-Ozon-Gemisch: 5–20 Gewichts-%

Der  $O_3$ -TEOS-CVD-Prozeß ist ein sogenannter SACVD-Prozeß (SACVD = subatmospheric chemical vapor deposition).

Es wird darauf hingewiesen, daß neben den oben beschriebenen Gräben oder Löchern auch andere Strukturen verwendet werden können, bei denen es erwünscht ist, einen Bodenbereich dieser Strukturen freizuhalten, wohingegen auf Seitenwänden Spacer bzw. Oxidspacer gebildet werden sollen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen einer Siliziumdioxidschicht auf Oberflächenabschnitten einer Struktur mit folgenden Schritten:

– anisotropes Trockenätzen einer Halbleiteranordnung (200), um in einer Oberfläche derselben die Struktur (202) mit Seitenwandabschnitten (208) und einem Bodenabschnitt

(206) zu erzeugen;

— Reinigen der Struktur derart, daß Ätzrückstände auf den Seitenwandabschnitten (208) vollständig entfernt werden, während Modifikationen des Bodenabschnitts erhalten bleiben;

— Abscheiden von Siliziumdioxid mit einem organischen Silizium-Vorstufenmaterial und Ozon bei einem Druck von  $0,2 \cdot 10^5$  bis  $1,0 \cdot 10^5$  Pascal und einer Temperatur von  $200^\circ\text{C}$ — $400^\circ\text{C}$  auf die Struktur (202).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zu strukturierende Halbleiteranordnung (200) ein Wafer ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Struktur (202) ein Graben oder ein Loch ist.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Abscheidens einen Abscheidungsprozeß mit organischen Vorstufenmaterialien einschließt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Abscheidungsprozeß durch einen  $\text{O}_3$ -TEOS-CVD-Prozeß durchgeführt wird, wobei der  $\text{O}_3$ -TEOS-CVD-Prozeß folgende Prozeßparameter aufweist:

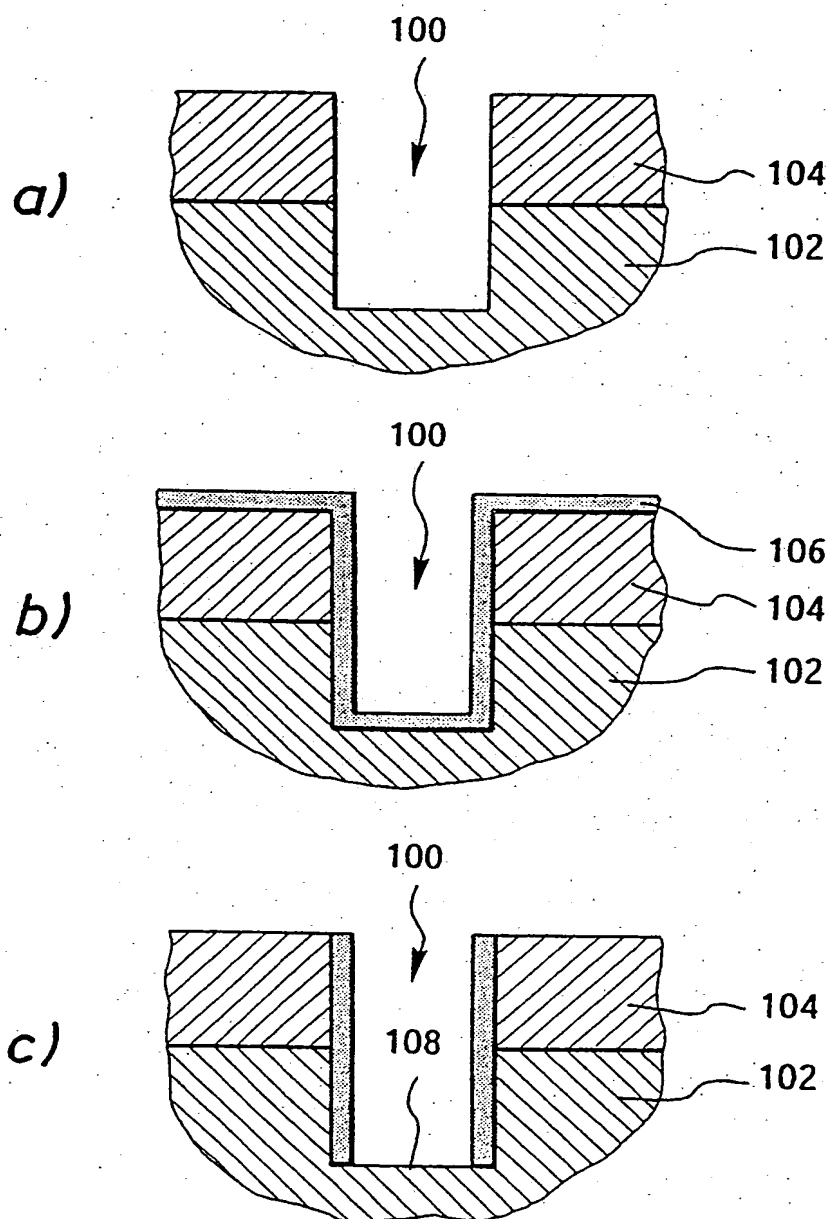
Abstand Wafer-Gasdusche = 5—25 mm

(Sauerstoff+Ozon)-Fluß = 1000—10.000  $\text{cm}^3/\text{min}$  (sccm)

(TEOS + Helium)-Fluß = 100—3000  $\text{cm}^3/\text{min}$  (sccm)

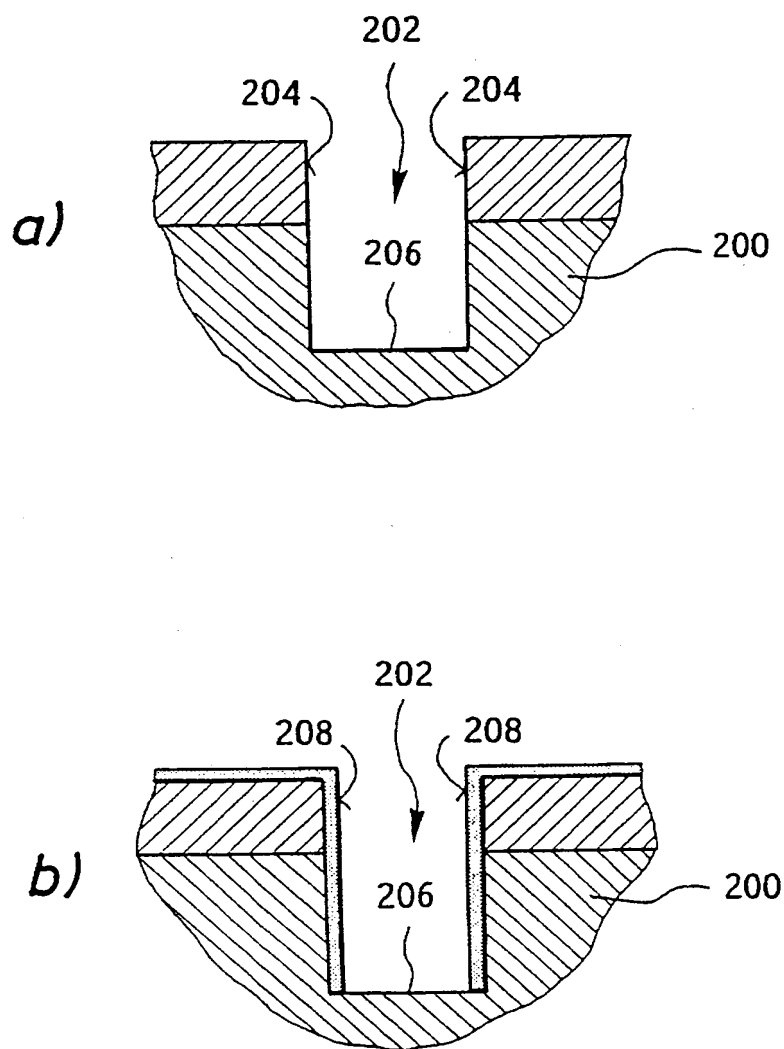
Ozonanteil im Sauerstoff-Ozon-Gemisch: 5—20 Gewichts-%

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



**FIG. 1**

(Str. α. T.)



**FIG. 2**